

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2002/2003**

**September 2002**

**ESA 251 – Teori Sistem Kawalan**

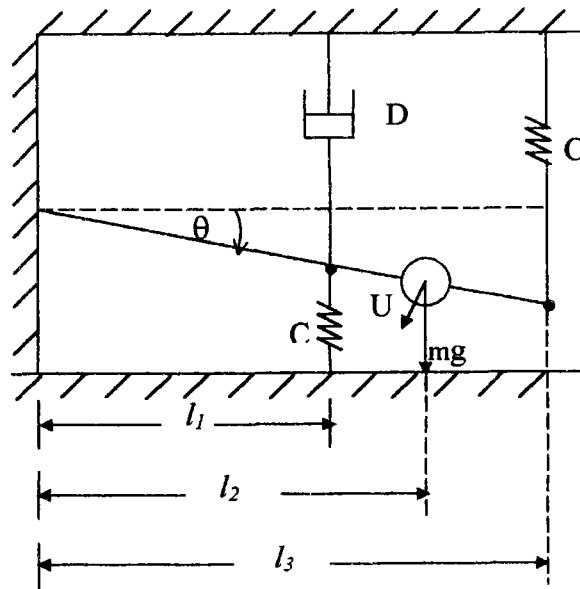
**Masa : [3 Jam]**

---

**ARAHAN KEPADA CALON :**

1. Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **(7) TUJUH** mukasurat bercetak dan **(5) LIMA** soalan.
2. Anda dikehendaki menjawab **(4) EMPAT** soalan sahaja.
3. Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sut sebelah kanan.
4. Satu soalan **mesti** di jawab dalam Bahasa Melayu.
5. Mesin kira bukan yang boleh diprogram boleh digunakan.

1. Pertimbangkan sistem bandul pegas teredam seperti dalam Gambarajah 1 di bawah:  
*Consider the damped spring pendulum system shown in Figure 1 below:*



**Gambarajah 1: Sistem bandul pegas teredam dalam kedudukan terpesong**  
**Figure 1: Damped Spring Pendulum System in the Deflected Position**

Anggapkan bahawa daya pegas dan daya teredam yang bertindak ke atas bandul adalah sifar bila bandul berada dalam keadaan mendatar, atau  $\theta = 0$ . Anggapkan juga bahawa geseran yang terlibat boleh diabaikan dan sudut ayunan,  $\theta$  adalah kecil.

*Assume that the spring forces and damper force acting on the pendulum is zero, when the pendulum is horizontal, or  $\theta = 0$ . Assume also that the friction involved is negligible and the angle of oscillation  $\theta$  is small.*

- (a) Dapatkan model matematik bagi sistem itu dalam bentuk :  
*Obtain the mathematical model of the system in form of*

- (i) Persamaan pembezaan ;  
*The differential equation*
- (ii) Fungsi pindah .  
*The transfer function*

**(70 markah/marks)**

...3/

- 3 -

- (b) Tetapkan parameter dinamik sistem:  
Frekuensi tabii  $W_o$   
Nisbah redaman  $\rho$   
Faktor penguat  $K$

*Determine the dynamic parameter of the system :*

*Natural frequency  $W_o$*

*Damping ratio  $\rho$*

*Amplification factor  $K$*

**(30 markah/marks)**

2. Berdasarkan model matematik dalam bentuk fungsi alih yang didapati dari soalan 1  
*Based on the mathematical model in form of the transfer function, obtained from question 1.*

- (a) Sila ramalkan sambutan awal dan akhir sistem dengan menggunakan teori awal dan akhir.

*Please predict the initial and stationary response of the system using initial and final theorems.*

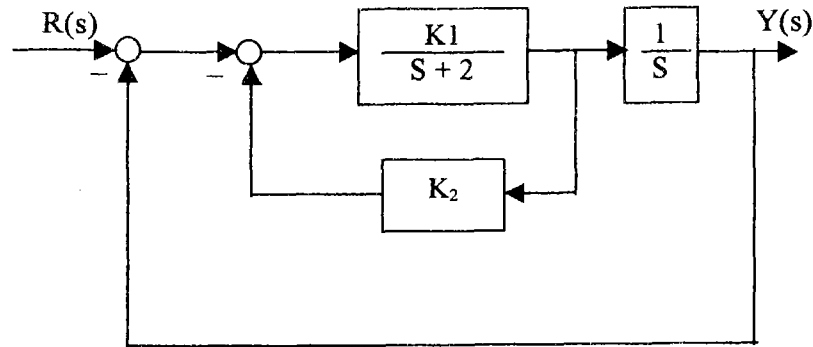
**(40 markah/marks)**

- (b) Tetapkan dan buat plot sambutan langkah peralihan menggunakan “partial fraction expansion” dan jelmaan laplace songsang.

*Determine and plot the transient time step response using partial fraction expansion and inverse laplace transform.*

**(60 markah/marks)**

3. Merujuk kepada sistem yang ditunjukkan dalam Gambarajah 2 di bawah  
*Referring to the system shown in Figure 2 below*



**Gambarajah 2 : Sistem gelung tertutup**  
**Figure 2 : A Closed-Loop System**

- (a) Tentukan nilai  $K_1$  dan  $K_2$  supaya sistem itu mempunyai nisbah redaman,  $\rho = 0.7$  dan frekuensi tabii tak teredam,  $\omega_o$  of  $4 \text{ RAD/SEC}$ .  
*Determine the values of  $K_1$  and  $K_2$  such that the system has a damping ratio  $\rho$  of 0.7 and undamped natural frequency,  $\omega_o$  of  $4 \text{ RAD/SEC}$ .*
- (50 markah/marks)
- (b) Seterusnya dapatkan masa naik,  $t_r$ , masa puncak,  $t_p$ , maksimum terlajak  $M_p$ , dan masa pengenangan,  $t_s$  dalam unit sambutan langkah.  
*Then obtain the rise time  $t_r$ , peak time  $t_p$ , Maximum overshoot  $M_p$  and settling  $t_s$  in the unit-step response.*
- (50 markah/marks)

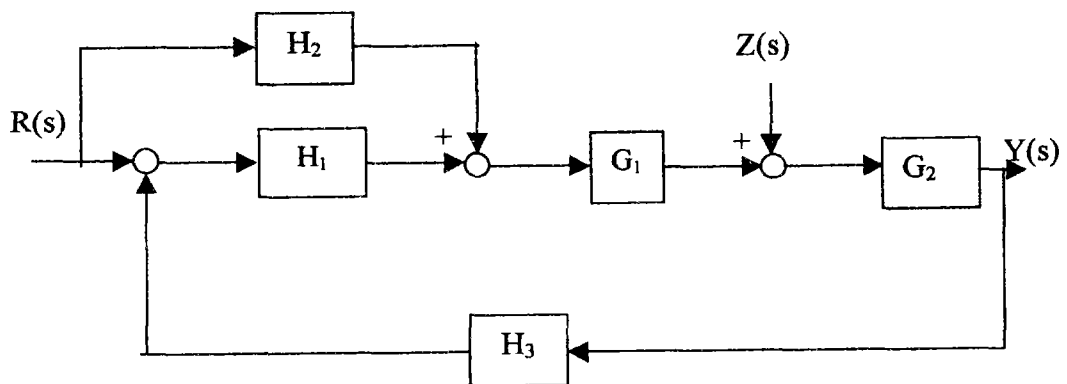
4. (a) Pertimbangkan persamaan cirian yang berikut:  
*Consider the following characteristic equation:*

$$S^4 + KS^3 + S^2 + S + 1 = 0$$

Tentukan julat K untuk kestabilan menggunakan kriteria Routh.  
*Determine the range of K for stability using Routh's criterion.*

(50 markah/marks)

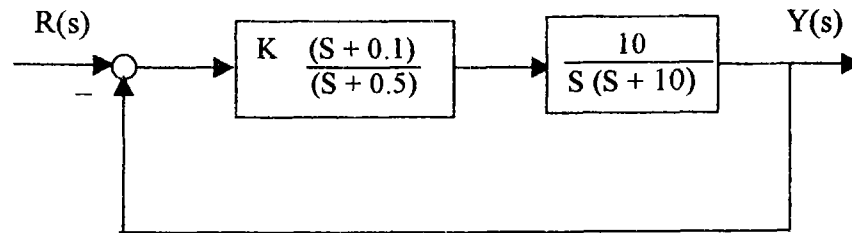
- (b) Dapatkan fungsi pindah  $Y(s)/R(s)$  dan  $Y(s)/Z(s)$  bagi sistem yang ditunjukkan dalam Gambarajah 3 di bawah:  
*Obtain the transfer functions  $Y(s)/R(s)$  and  $Y(s)/Z(s)$  of the system shown below:*



**Gambarajah 3: Sistem kawalan dengan rujukan Input  $R(s)$  dan gangguan Input  $Z(s)$**   
**Figure 3: Control System With Reference Input  $R(s)$  and Disturbance Input  $Z(s)$**

(50 markah/marks)

5. Pertimbangkan sistem seperti yang ditunjukkan dalam Gambarajah 4.  
*Consider the system shown in the Figure 4.*



**Gambarajah 4 : Rajah blok bagi Penggerak Servo Hidraulik**  
**Figure 4 : Block Diagram of the Hydraulic Servo Actuator**

- (a) Lukiskan rajah bode bagi fungsi pindah gelung terbuka  
*Draw a bode diagram of the open loop transfer function*  
 (60 markah/marks)
- (b) Tentukan nilai gandaan K supaya margin fasa ialah  $45^\circ$   
*Determine the value of the gain K such that the phase margin is  $45^\circ$ .*  
 (20 markah/marks)
- (c) Apakah margin gandaan bagi sistem dengan gandaan K?  
*What is the gain margin of the system with this gain K?*  
 (20 markah/marks)